

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年12月8日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/194426 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 7/40 (2006.01) G01S 13/93 (2006.01)
B60R 21/00 (2006.01) G08G 1/16 (2006.01)
E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056713
- (22) 国際出願日: 2016年3月4日(04.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-111986 2015年6月2日(02.06.2015) JP
- (71) 出願人: 日立建機株式会社(HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1128563 東京都文京区後楽二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 日永田 佑介(HIEIDA Yusuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 中 拓久哉(NAKA Takuya); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 魚

津 信一(UOTSU Shinichi); 〒3000013 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

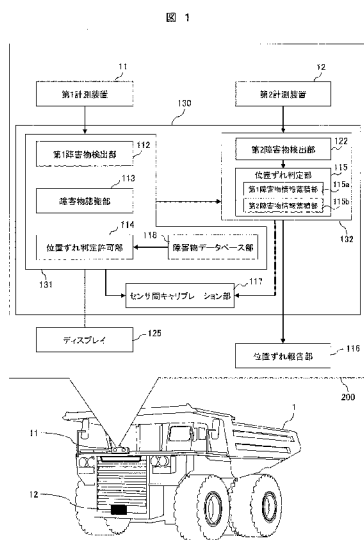
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: WORK MACHINE FOR MINE

(54) 発明の名称: 鉱山用作業機械



- 11 First measurement device
12 Second measurement device
112 First obstacle detection unit
113 Obstacle recognition unit
114 Positional deviation determination permission unit
115 Positional deviation determination unit
115a First obstacle information accumulation unit
115b Second obstacle information accumulation unit
116 Positional deviation reporting unit
117 Intersensor calibration unit
118 Obstacle database unit
122 Second obstacle detection unit
125 Display

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to detect and correct the axial deviation (positional deviation) of a plurality of different types of sensors and make accurate obstacle detection possible in a case where obstacle detection is carried out through the combination of the plurality of sensors. A calibration device according to the present invention is provided with: a positional deviation determination permission unit 114 for determining, on the basis of a geometric shape measured by a first measurement device 11 and a second measurement device 12; and an intersensor calibration unit 117 for detecting the amount of positional deviation between the first measurement device 11 and the second measurement device 12 on the basis of the position detected by the first measurement device 11 for an obstacle determined by the positional deviation determination permission unit 114 to be suitable for detecting the positional deviation and the position detected by the second measurement device 12 for the obstacle.

(57) 要約: 本発明の目的は、種類の異なる複数のセンサを組み合わせることで障害物検出を行う場合において、複数のセンサの軸ずれ（位置ずれ）を検知、補正し、正確な障害物検出を可能にすることにある。本発明のキャリブレーション装置は、第1計測装置11の計測した幾何学的形状に基づいて、障害物が第1計測装置11と第2計測装置12との位置ずれを検出するのに適した障害物か否かを判定する位置ずれ判定許可部114と、位置ずれ判定許可部114によって位置ずれを検出するのに適した障害物であると判定された障害物に対する第1計測装置11による検出位置と、前記障害物に対する第2計測装置12による検出位置とに基づいて、第1計測装置11と第2計測装置12との位置ずれ量を検出するセンサ間キャリブレーション部117とを備える。

WO 2016/194426 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 鉱山用作業機械

技術分野

[0001] 本発明は、例えばオフロードダンプトラック等の鉱山用作業車両用に用いるのに好適な障害物検出装置に関するものである。

背景技術

[0002] 一般に、鉱山においては、土砂の採掘作業および運搬作業として油圧ショベルやダンプトラックなどの鉱山用作業機械が用いられている。鉱山に用いられる鉱山用作業機械としては、安全性や低コスト化の観点から無人化が求められる。ダンプトラックにおいては、単位時間当たりの土砂の運搬量が採掘の進捗度に直結するため、効率の良い運用が求められる。したがって、土砂を効率良く採掘現場の外に大量に運搬するためには、連続運転可能な自律走行式のダンプトラックを用いた鉱山システムが必要とされている。

[0003] ところが、ダンプトラックを走行させる鉱山の走行路はオフロードであって悪路が多いため、ダンプトラックを自律走行させて無人運転させる際、土壁や他車両等の障害物との衝突が懸念される。仮に、走行路上に障害物が生じ、自律走行式の無人のダンプトラックが障害物と接触して停止した場合には、鉱山の運行を長時間に亘って停止させてしまう。

よって、自律走行式のダンプトラックの信頼性を高めるためには、前方車両や走行路上の障害物を早期に検知して、前方車両に追従する追従走行や障害物の回避走行を行わせることが可能な信頼性の高い障害物検知システムが必要となる。

[0004] 従来、この種の障害物検知システムとしては、ミリ波レーダ、レーザセンサ、カメラまたはステレオカメラ等の障害物検知装置が用いられている。ミリ波レーダは砂埃や雨などが生じた場合も動作可能な高い耐環境性を有し、測定距離性能も高い。一方で、ステレオカメラやレーザセンサは、三次元形状を計測できるため、路上の障害物を精度よく検出することができる。また

これらのセンサを組み合わせることで、障害物の検出性能を向上させる方法もある。

- [0005] 種類の異なる複数のセンサを用いるには各センサの相対位置を正確に把握する必要がある。特に鉱山ダンプに取り付ける場合は車体が大きいため、取り付け時のキャリブレーションの他、経年変化による位置ずれを考慮する必要がある。例えば特開 2010-249613 号公報（特許文献 1）には、経年変化により生じた車載カメラと車載レーダの軸ずれをそれぞれのセンサが検出した障害物の位置情報に基づき補正する障害物認識装置が公開されている。具体的には、特許文献 1 の障害物認識装置は、複数のセンサ情報を組み合わせて障害物の認識を行う障害物認識装置であって、障害物に関する第一パラメータ情報を取得する前方カメラと、障害物に関する第二パラメータ情報を取得するミリ波レーダと、第一パラメータ情報と第二パラメータ情報とに基づいて前方カメラ又はミリ波レーダの方位角の軸ずれ量を算出し、算出された軸ずれ量に基づいて前方カメラ又はミリ波レーダの軸ずれを補正する補正部と、軸ずれ量を記憶する記憶部とを備えている（要約参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献 1：特開 2010-249613 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 特許文献 1 の障害物検出装置は一般道を走行する車両を対象としたものである。ミリ波レーダはセンサの特性上横位置分解能が低く、鉱山ダンプのような大きな車両や、ショベルのような特殊な形状の車両の中心位置を検出する場合は横位置の誤差が大きくなりやすいという問題がある。誤差の大きい検出結果に基づき、上記の方法でカメラとミリ波レーダの軸ずれを補正した場合、補正前よりも障害物検出精度がかえって悪化する可能性がある。
- [0008] 本発明は、以上の課題に鑑みてなされたものであり、種類の異なる複数の

センサを組み合わせることで障害物検出を行う場合において、複数のセンサの軸ずれ（位置ずれ）を検知、補正し、正確な障害物検出を可能にすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、本発明のキャリブレーション装置は、計測領域内の幾何学的形状を計測可能な第1計測装置と障害物の位置を検出可能な第2の計測装置とを有し、車両の周囲に存在する障害物を検出する障害物検出装置に設けられ、前記第1の計測装置及び前記第2計測装置の位置ずれを補正するキャリブレーション装置において、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内に存在する障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のうち少なくともいずれか一つの情報を検出可能な障害物認識部と、

前記障害物認識部で検出した情報に基づき、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを検出するのに適した障害物か否かを判定する位置ずれ判定許可部と、

前記位置ずれ判定許可部によって位置ずれを検出するのに適した障害物であると判定された障害物に対する前記第1計測装置による検出位置と、前記障害物に対する前記第2計測装置による検出位置とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出するセンサ間キャリブレーション部とを備える。

発明の効果

[0010] 本発明に係るキャリブレーション装置においては、経年変化等により生じるセンサ間の相対位置変化の補正を、キャリブレーションを行うのに適した障害物の選定から補正まで自動で行うことができる。これにより障害物検出装置の健全な状態を維持することができる。

[0011] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る構成の概要を示したブロック図である。

[図2]ターゲットの大小による障害物検出位置の分散について示した概念図である。

[図3]本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る動作手順を示すフローチャート図である。

[図4]センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。

[図5]センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。

[図6]第1計測装置と第2計測装置とが計測した障害物に対して同一か否かを判定する方法について解説した概念図である。

[図7]第1計測装置と第2計測装置が計測した障害物に対して同一か否かを判定する方法について解説した概念図である。

[図8]位置ずれ判定の指標について解説した概念図である。

[図9]第2計測装置と第2計測装置との位置ずれを判定する動作手順を示すフローチャート図である。

[図10]センサ間のキャリブレーションの実行の有無を判定する動作手順を示すフローチャート図である。

発明を実施するための形態

[0013] 図1は、本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る構成の概要を示したブロック図である。

[0014] 車両1は、障害物検出装置200を備える。障害物検出装置200は車両1の周囲に存在する障害物を検出する。障害物検出装置200は、複数のセンサとして、車体の前方（前側）に第1計測装置11と第2計測装置12とを備えている。第1計測装置は単眼カメラ、ステレオカメラ、LIDAR、TOFセンサなどの障害物の形状を計測可能なセンサとする。すなわち、第1計測装置11は計測領域内の幾何学的形状を計測可能なセンサである。第2計測装置12はミリ波センサのような障害物の位置を計測可能なセンサとする。なお、本実施例では、第1計測装置11と第2計測装置12とを車両

の前方に取り付けているが、第1計測装置11と第2計測装置12が計測する計測領域の一部、あるいは全部が重畳していれば、第1計測装置11及び第2計測装置12の設置位置に関わらず本発明を実施することができる。

[0015] 本実施例では、車両1として、鉱山で使用される鉱山用ダンプトラックについて説明している。車両1は、鉱山で使用される、鉱山用ダンプトラック以外の車両であっても良い。鉱山用ダンプトラックと鉱山用ダンプトラック以外の車両とを含めて鉱山用作業機械という。また、本発明のキャリブレーション装置130は、鉱山用作業機械以外の車両にも適用可能である。

[0016] 最初に、第1計測装置11を用いた位置ずれ判定の対象となる障害物の選定について説明する。

[0017] 障害物の選定を行うために、キャリブレーション装置130には、判定許可部131が設けられている。判定許可部131は、第1障害物検出部112と、障害物認識部113と、位置ずれ判定許可部114とを有する。判定許可部131は、位置ずれ判定を行うための対象障害物を選定する障害物選定部を構成する。以下、位置ずれ判定を行うための障害物又は位置ずれ判定に向いている対象物を、対象障害物という。

[0018] なお、キャリブレーション装置130は、第1計測装置11と第2計測装置12との位置ずれを補正する装置であり、図1では、キャリブレーション装置130と第1計測装置11及び第2計測装置12とを別々の構成にしている。しかし、第1計測装置11及び第2計測装置12をキャリブレーション装置130に含めても良い。

[0019] 第1計測装置11が計測領域内の計測を行い、その情報に基づき第1障害物検出部112が障害物の位置を検出する。さらに障害物認識部113は第1計測装置11及び第1障害物検出部112の情報に基づき第1障害物検出部112で計測した障害物の情報を認識する。このとき認識する障害物の情報は障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ以上である。

[0020] 図2は、ターゲットの大小による障害物検出位置の分散について示した概

念図である。

図 2 は、車両 1 が大型のターゲット 2 1 と小型のターゲット 2 2 を計測している様子を示したものである。

[0021] 計測領域 3 1 内にターゲット(大型) 2 1 が存在している。このとき第 2 計測手段が計測する位置は計測領域内に存在するターゲット(大型) 2 1 のどこか一部と推定される。このため、大型のターゲット 2 1 の場合には、ターゲットが一般乗用車のようなターゲット(小型) 2 2 の場合に比べ、その分散も大きくなる傾向にある。本実施例では、第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 2 2 の設置位置のずれを第 1 障害物検出部 1 1 2 と第 2 障害物検出部 1 2 2 の検出した同一障害物の位置情報に基づいて判定することを想定している。そのため、障害物の検出位置の分散が大きいターゲット(大型) 2 1 に比べ、障害物の検出位置の分散が小さいターゲット(小型) 2 2 のほうがセンサ間のずれを判定するのに適しているといえる。

[0022] 位置ずれ判定許可部 1 1 4 は障害物認識部 1 1 3 が検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類に基づき障害物が第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 の位置ずれを判定するのに適しているか否かを判定する。例えば事前に障害物の高さや横幅の範囲を設定し、その範囲内に収まっていればその障害物は位置ずれを判定する障害物に向いていると判定する。

[0023] もしくは障害物データベース部 1 1 8 の情報を利用して、位置ずれを判定する障害物に向いているか否かを判定しても良い。障害物データベース部 1 1 8 は事前にセンサ間の位置ずれ判定に適している障害物の情報を登録する記憶装置によって構成される。障害物データベース部 1 1 8 は、対象障害物を判定するための上記障害物の高さや横幅の範囲を記憶しても良い。

[0024] 検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ、あるいは複数の項目が一致したとき(条件を満たしたとき)、位置ずれ判定許可部 1 1 4 はその障害物をセンサ間の位置ずれ判定に適していると判断する。すなわち、位置ずれ判定許可部 1 1 4 はその障害物を対象障害物に選定する。

[0025] 以下、図3のアルゴリズムフローを用いて説明する。図3は、本発明のキャリブレーション装置の実施例に係る動作手順を示すフローチャート図である。

[0026] 第1計測装置11及び計算機13に電源が入り、障害物の計測を開始する(ステップS1)。第1計測装置11が計測領域内の形状情報を第1障害物検出部112に送る(ステップS2)。第1障害物検出部112は、第1計測装置11からの形状情報に基づいて障害物の位置を判定する(ステップS3)。次に第1計測装置11の計測した計測領域内の形状情報と第1障害物検出部112が検出した障害物の位置情報に基づき、障害物認識部113が障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ以上を検出する(ステップS4)。位置ずれ判定許可部114は、障害物認識部113が検出した障害物の高さ、横幅、形状、画像特徴、種類のいずれかひとつ、あるいは複数が事前に設定した条件を満たした場合、第1計測装置11と第2計測装置12の位置ずれを検出するのに適した障害物(対象障害物)があったと判断し、位置ずれ判定を許可する(ステップS5)。ステップS5で位置ずれ判定を許可されていた場合、ステップ7に移行する(ステップS6)。ステップS5で位置ずれ判定を許可されていなかった場合、ステップS1に戻る(ステップS6)。ステップS7では、対象障害物の有無及び位置情報をシステムに提示する(ステップS7)。このときの提示方法としては、ディスプレイ125(図1参照)にこれらの情報を提示する方法、別の処理部に位置ずれを検出するのに適した障害物の有無と位置情報を渡す方法がある。

[0027] 次に、図4～図9を用いて、第1計測装置11と第2計測装置12との間の位置ずれ検出方法について説明する。

[0028] 図1に示すように、第1計測装置11と第2計測装置12との間の位置ずれを検出するために、キャリブレーション装置130には、判定部132が設けられている。判定部132は、第2障害物検出部122と、位置ずれ判定部115とを有する。キャリブレーション装置130は、第2計測装置12と第2障害物検出部122と位置ずれ判定部115とを用い、第1計測装

置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 との間の位置ずれを検出する。検出した位置ずれ情報は、位置ずれ報告部 1 1 6 により報告される。

[0029] なお、判定許可部 1 3 1 と判定部 1 3 2 と後述するセンサ間キャリブレーション部 1 1 7 とは、キャリブレーション装置 1 3 0 を構成する。

[0030] 図 4 に第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 とが初期設定位置より位置ずれを起こしていない場合の計測結果を示す。図 4 は、センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。第 1 計測装置 1 1 が検出した障害物位置と第 2 計測装置 1 2 が検出した障害物位置とが重なっていることがわかる。

[0031] 次に、図 5 に第 1 計測装置 1 1 と第 2 計測装置 1 2 の設置位置が初期設定位置よりずれてしまった場合を示す。図 5 は、センサ間の位置ずれ時に生じる問題について解説した概念図である。この例では第 2 計測装置 1 2 が第 1 計測装置 1 1 に対し、ヨ一方向に θ の角度だけずれてしまっている。このため、第 2 計測装置 1 2 のセンサ座標系は第 1 計測装置 1 1 のセンサ座標系に対しヨ一方向に θ だけずれている。その結果、同一のターゲットを計測しているはずが、センサ間の位置がずれてしまったことにより、図 5 のように障害物の検出位置が重なっていない。この場合、ひとつの障害物を複数個あるように誤認識する恐れがあるため、このセンサ間のずれの状態を検出する必要がある。

[0032] 図 1 に示すように、障害物の位置を検出可能な第 2 計測装置 1 2 が計測した計測領域内の情報に基づいて、第 2 障害物検出部 1 2 2 が障害物を検出する。第 1 計測装置 1 1 が計測した情報に基づいて位置ずれ判定許可部 1 1 4 が障害物の位置ずれ判定に適した障害物が存在すると判定した場合、その判定に適した障害物と同一の障害物を第 2 障害物検出部 1 2 2 で検出された障害物の中から探索する。同一障害物の探索方法については、センサ間のずれが生じた場合も、近方ではずれ量が大きくならないことを利用する。

[0033] 同一障害物の探索方法について図 6 及び図 7 を用いて説明する。図 6 及び図 7 は、第 1 計測装置と第 2 計測装置とが計測した障害物に対して同一か否

かを判定する方法について解説した概念図である。

[0034] 図6に示すように、時刻 t のとき、事前に設定した障害物の対応を判定する領域内に障害物が存在し、第1計測装置11の検出した障害物位置と第2計測装置12の検出した障害物位置とが重なっている。このとき、この二つの障害物は同一障害物であると判定する。さらに、それ以降の時刻 $t+1$, $t+2$, ..., $t+n$ でも、第1計測装置11と第2計測装置12とがそれぞれ障害物を追従できる限り、この障害物は同一障害物であるとみなし、それらの位置情報を位置ずれ判定部115に記憶する。

[0035] このために、位置ずれ判定部115は、第1障害物検出部112の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第1障害物検出情報蓄積部115aと第2障害物検出部122の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第2障害物検出情報蓄積部115bとを有する。

[0036] 一方でその同一障害物と判定する前の時刻 $t-1$, $t-2$, ..., $t-n$ においても同様に、第1計測装置11の検出した障害物位置と第2計測装置12の検出した障害物位置とを同一障害物の障害物情報として位置ずれ判定部115に記憶する(図7)。位置ずれ判定部115に記憶された第1計測装置11と第2計測装置12とが検出した同一の障害物の情報から位置ずれが生じていると判断した場合、位置ずれ判定部は位置ずれ報告部116に第1計測装置11の設置位置と第2計測装置12の設置位置とがどの程度ずれているか報告する。

[0037] 図8を用いて、位置ずれを判定する方法について説明する。図8は、位置ずれ判定の指標について解説した概念図である。

[0038] 位置ずれを判定する方法としては、例えば図8のように第1障害物検出部112と第2障害物検出部122が検出した障害物のうち、同一でかつ同時に検出した障害物の位置情報のペアを計測1、計測2、計測3とする。このときの各ペアの障害物位置の距離を計測する。この距離の最大値が設定した閾値を超えた場合、もしくは累積値が設定した閾値を超えた場合、第1計測装置11と第2計測装置12は位置ずれを起こしていると判定する。

[0039] 図9を用いて、位置ずれを判定するアルゴリズムフローについて説明する。図9は、第2計測装置と第2計測装置との位置ずれを判定する動作手順を示すフローチャート図である。

[0040] ステップ1からステップ7までは図3で説明した内容と同様である。第2計測装置12が計測領域内を計測する(ステップS8)。その情報に基づき第2障害物検出部122で障害物の有無、位置を検出する(ステップS9)。ステップS7で位置ずれ判定許可報告をシステムが受けた場合、位置ずれ判定を実施する(ステップS10)。まず位置ずれ判定部115において、ステップS3で第1障害物検出部112が検出し、ステップS5において位置ずれ判定に適していると判定された障害物を、第2障害物検出部122が検出した障害物の中から探索する。対応する障害物があった場合、位置ずれ判定を実施する(ステップS10)。位置ずれがあると判定した場合、ステップS11からステップS12に移行する。位置ずれがなかった場合は、ステップS1に移行する。また、ステップS10にて、第2障害物検出部122が検出した障害物の中に、ステップS5において位置ずれ判定に適していると判定された障害物と同一の障害物がなかった場合も、ステップS1に移行する。位置ずれ判定部115が位置ずれ有りとは判定した場合、位置ずれ報告部116(図1参照)は第1計測装置11と第2計測装置12の設置位置が初期設定位置よりずれていることを報告する。このときの提示方法としては、ディスプレイ125にこれらの情報を提示する方法、別の処理部に位置ずれ情報を渡す方法がある。

[0041] なお、図1では、位置ずれ報告部116をキャリブレーション装置(キャリブレーション部)130とは別に設ける構成になっている。しかし、位置ずれ報告部116はキャリブレーション装置130の内部に設けられても良い。

[0042] 次に、センサ間のキャリブレーションについて説明する。図10は、センサ間のキャリブレーションの実行の有無を判定する動作手順を示すフローチャート図である。

- [0043] 位置ずれ報告部 116 が第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 の設置位置が初期位置よりずれていると報告した場合、センサ間キャリブレーション部 117 はそのずれがプログラム上のパラメータ補正で対応可能か否かを判定する。対応可能であると判定した場合、第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 との間のキャリブレーションを実施し、どの程度パラメータ補正すればよいか演算する。対応不可であると判定した場合、第 1 計測装置 11 及び第 2 計測装置 12 の機能を停止し、大きなセンサ間の位置ずれが生じたことをユーザ側に報告する。
- [0044] パラメータ補正で対応可能か否かを判定する方法としては、例えば図 8 のように第 1 障害物検出部 112 と第 2 障害物検出部 122 が検出した障害物のうち、同一でかつ同時刻に検出した障害物の位置情報のペアを計測 1、計測 2、計測 3 とする。このときの各ペアにおける障害物間の距離を計測する。この距離の最大値が設定した閾値を超えた場合、もしくは累積値が設定した閾値を超えた場合、第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 は位置ずれを起こしていると判定する。
- [0045] またキャリブレーションにおいては、例えば各ペアにおける障害物間の距離の二乗和を最小化するような相対位置パラメータを探索する。探索した中でもっとも障害物間の距離の二乗和が小さかったものを新しいセンサ間位置と設定する方法がある。パラメータの探索方法としては最急勾配法、最小二乗法、ニュートン法、レーベンバーグマルカート法などがある。
- [0046] 図 10 のアルゴリズムフローに基づき具体的に説明する。ステップ S 12 以前には、図 9 で説明した内容のステップが実行される。
- [0047] ステップ S 12 にて第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 の位置ずれの報告があった場合、その位置ずれが補正可能か判定する（ステップ S 13）。この判定は、図 9 のステップ S 10 で算出した評価値を基に行う。事前に設定した条件を満たしていれば位置ずれのパラメータ補正が可能であるとして、ステップ S 16 に移行する。条件を満たせない場合はステップ S 14 に移行する。

- [0048] ステップS 1 4に移行した場合、第1計測装置1 1と第2計測装置1 2の位置ずれが修正不可能であることをユーザ側に提示する（ステップS 1 4）。提示方法としては、ブザー音による提示やディスプレイ1 2 5への提示が考えられる。その後、誤作動を防止するために、外界センサ（第1計測装置1 1、第2計測装置1 2）の機能を自動的に停止する（ステップS 1 5）。
- [0049] ステップS 1 6では自動キャリブレーションを実施し、現在の第1計測装置1 1と第2計測装置1 2の相対位置を求める。求めた相対位置に基づいて、第1計測装置1 1と第2計測装置1 2に生じた位置ずれを補正する。
- [0050] この補正は、図7の場合、以下のように実施される。図7では、第1計測装置1 1で検出された障害物と第2計測装置1 2で検出された障害物とが同一の障害物であることは、時刻 t に判明する。この時刻 t では、第1計測装置1 1で検出された障害物と第2計測装置1 2で検出された障害物との相対位置から、第1計測装置1 1と第2計測装置1 2に生じた位置ずれを正確に検出することは難しい。
- [0051] そこで、時刻を遡って第1計測装置1 1と第2計測装置1 2に生じた位置ずれを検出する。例えば、同一の障害物と判定された障害物について、時刻 $t - 1$ 又は時刻 $t - 2$ まで時刻を遡り、第1計測装置1 1で検出された障害物と第2計測装置1 2で検出された障害物との相対位置関係を演算により求める。
- [0052] 時刻 $t - 1$ 又は時刻 $t - 2$ においては、第1計測装置1 1で検出された障害物の位置と第2計測装置1 2で検出された障害物の位置との間に大きな差が生じている。遡る時刻については、時刻 $t - 2$ よりも前の時刻であっても良い。第1計測装置1 1で検出された障害物の位置と第2計測装置1 2で検出された障害物の位置との差は、通常、時間を遡るほど大きくなる。そして、求めた2つの障害物の相対位置関係に基づいて、第1計測装置1 1と第2計測装置1 2に生じた位置ずれを精度よく検出することができる。
- [0053] あるいは、図6の場合には、現時点（時刻 t ）で同一の障害物を第1計測装置1 1と第2計測装置1 2とで検出していることが分かっている。そこで

、将来の時刻 $t + 1$, $t + 2$, $\dots$, $t + n$ において、第 1 計測装置 11 で検出される障害物の位置と第 2 計測装置 12 で検出される障害物の位置との間に差が生じた場合に、この差に基づいて、第 1 計測装置 11 と第 2 計測装置 12 に生じた位置ずれを検出するようにしてもよい。

[0054] 本実施例によれば、経年変化等により生じるセンサ間の相対位置変化の補正を、キャリブレーションを行うのに適した障害物の選定から補正まで自動で行うことができる。これにより障害物検出装置の健全な状態を維持することができる。特に、鉱山用のダンプトラックでは、オフロードを走行するため、いつセンサ間の位置ずれが生じるかわからない。

従って、障害物の選定から補正まで自動でキャリブレーションを行えることは、車両の稼働率の向上に繋がる。

[0055] また、鉱山用のダンプトラックでは、現地（鉱山）で組立てを行う場合が多い。本実施例を適用することにより、現地で組み立てたダンプトラックにおいて、障害物検出装置のキャリブレーションを簡単かつ正確に実施することができる。

[0056] なお、本発明は上記した各実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0057] また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装

置、または、ＩＣカード、ＳＤカード、ＤＶＤ等の記録媒体に置くことができる。

[0058] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

符号の説明

[0059] １…車両（鉱山用作業機械）、１１…第１計測装置、１２…第２計測装置、１１２…第１障害物検出部、１１３…障害物認識部、１１４…位置ずれ判定許可部、１１５…位置ずれ判定部、１１６…位置ずれ報告部、１１７…センサ間キャリブレーション部、１１８…障害物データベース部、１２２…第２障害物検出部、１３０…キャリブレーション装置、１３１…判定許可部、１３２…判定部、２００…障害物検出装置。

請求の範囲

[請求項1] 計測領域内の幾何学的形状を計測可能な第1計測装置と障害物の位置を検出可能な第2の計測装置とを有し、車両の周囲に存在する障害物を検出する障害物検出装置に設けられ、前記第1の計測装置及び前記第2計測装置の位置ずれを補正するキャリブレーション装置において、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内に存在する障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のうち少なくともいずれか一つの情報を検出可能な障害物認識部と、

前記障害物認識部で検出した情報に基づき、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを検出するのに適した障害物か否かを判定する位置ずれ判定許可部と、

前記位置ずれ判定許可部によって位置ずれを検出するのに適した障害物であると判定された障害物に対する前記第1計測装置による検出位置と、前記障害物に対する前記第2計測装置による検出位置とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出するセンサ間キャリブレーション部とを備えたことを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項2] 請求項1に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定許可部は、障害物の高さ及び横幅が事前に設定した閾値の範囲内にあった場合に、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定することを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項3] 請求項1に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定許可部における位置ずれ判定に適した障害物の情報として、障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のいずれかの情報を保持する障害物データベース部を有し、

前記位置ずれ判定許可部は、前記第1計測装置が計測した障害物が

前記障害物データベース部に保持された障害物の高さ、横幅、形状、画像的特徴又は種類のいずれかにおいて一致したと判定した場合に、前記障害物が前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定することを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項4]

請求項1に記載のキャリブレーション装置において、

前記第1計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第1障害物検出部と、

前記第2計測装置の計測した情報に基づいて計測領域内の障害物の位置を計測する第2障害物検出部と、

前記位置ずれ判定許可部が障害物を前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを判定するのに適した障害物であると判定した場合に、前記第1障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報と前記第2障害物検出部が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて、前記第1計測装置と前記第2計測装置の設置位置にずれが生じているかを判定する位置ずれ判定部と、

前記第1計測装置と前記第2計測装置との設置位置のずれの有無を報告する位置ずれ報告部とを有することを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項5]

請求項4に記載のキャリブレーション装置において、

センサ間キャリブレーション部は、前記位置ずれ報告部が前記第1計測装置と前記第2計測装置との設置位置にずれが生じていると報告した場合に、前記第1障害物検出部の検出した前記障害物の障害物情報と前記第2障害物検出部の検出した前記障害物の障害物情報とに基づいて前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれを補正することを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項6]

請求項4に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定部は、前記第1障害物検出部の検出した障害物の

時系列情報を蓄積する第1障害物検出情報蓄積部と前記第2障害物検出部の検出した障害物の時系列情報を蓄積する第2障害物検出情報蓄積部とを有し、

前記位置ずれ判定部は、前記第1障害物検出部が検出した障害物位置と前記第2障害物検出部が検出した障害物位置とが同じ時間帯に事前に設定した距離以内に接近した場合に、前記第1障害物検出部が検出した障害物と前記第2障害物検出部が検出した障害物とが同一の障害物であると判定し、前記第1計測装置が検出した前記障害物の位置情報と前記第2計測装置が検出した前記障害物の位置情報とに基づいて前記第1計測装置と前記第2計測装置との位置ずれ量を検出することを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項7]

請求項6に記載のキャリブレーション装置において、

前記位置ずれ判定部は、前記第1障害物検出部が検出した障害物と前記第2障害物検出部が検出した障害物とが同一であるか否かの判定を、位置ずれ量を検出する時点から遡った時点で前記第1障害物検出情報蓄積部及び第2障害物検出情報蓄積部に蓄積された前記障害物の情報に基づいて行うことを特徴とするキャリブレーション装置。

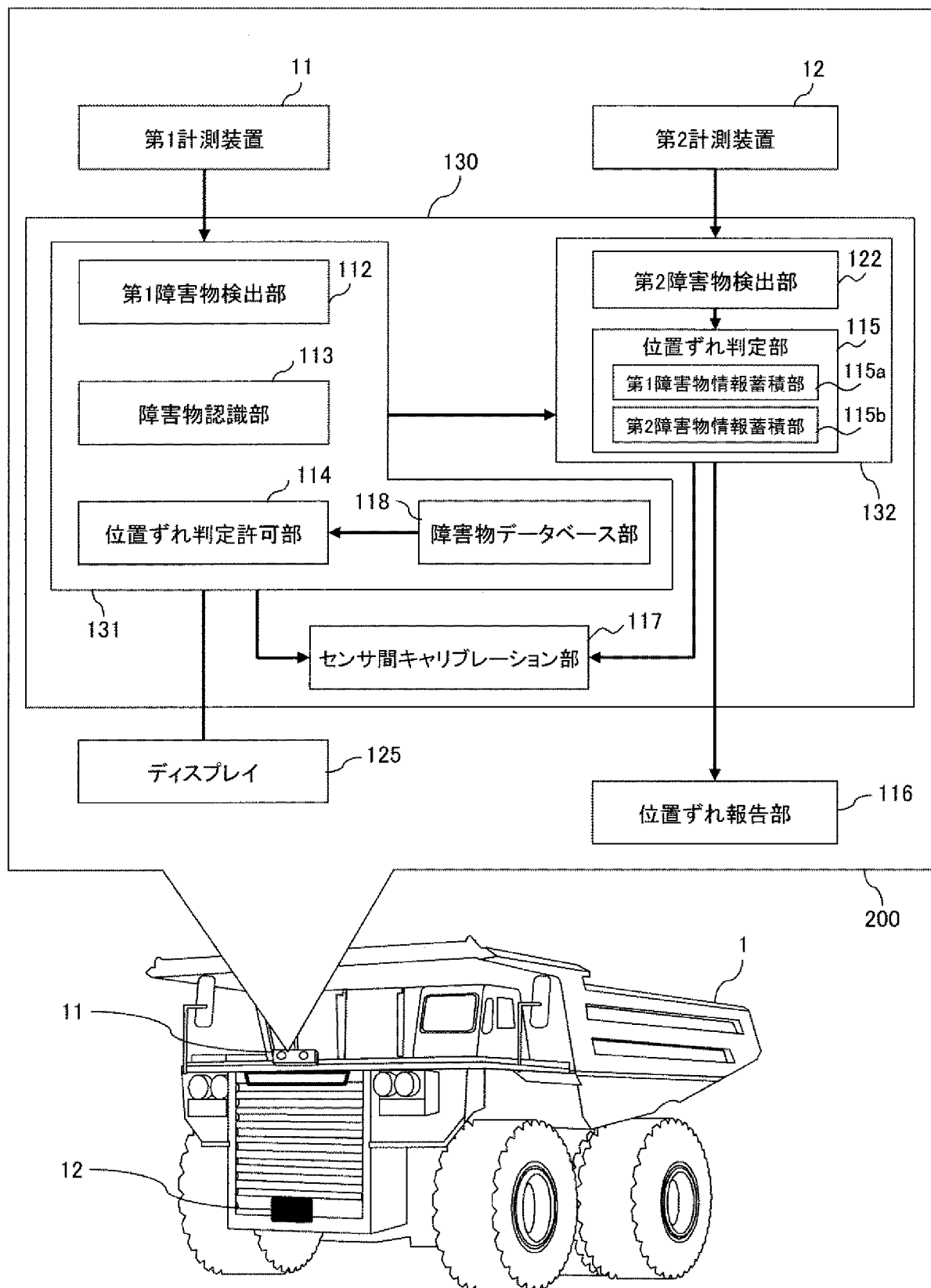
[請求項8]

鉱山内を走行する鉱山用作業機械において、

請求項1に記載のキャリブレーション装置を備えたことを特徴とする鉱山用作業機械。

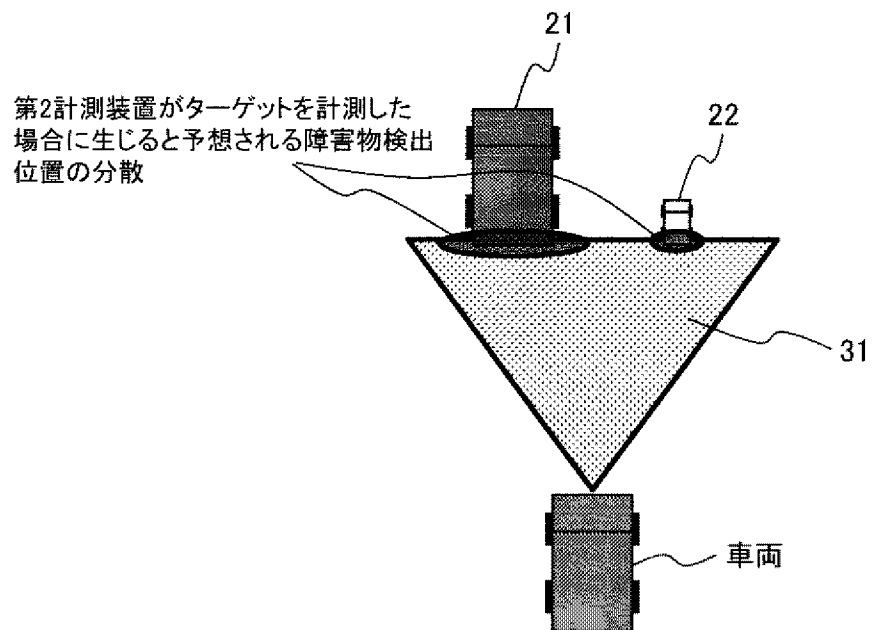
[図1]

図 1



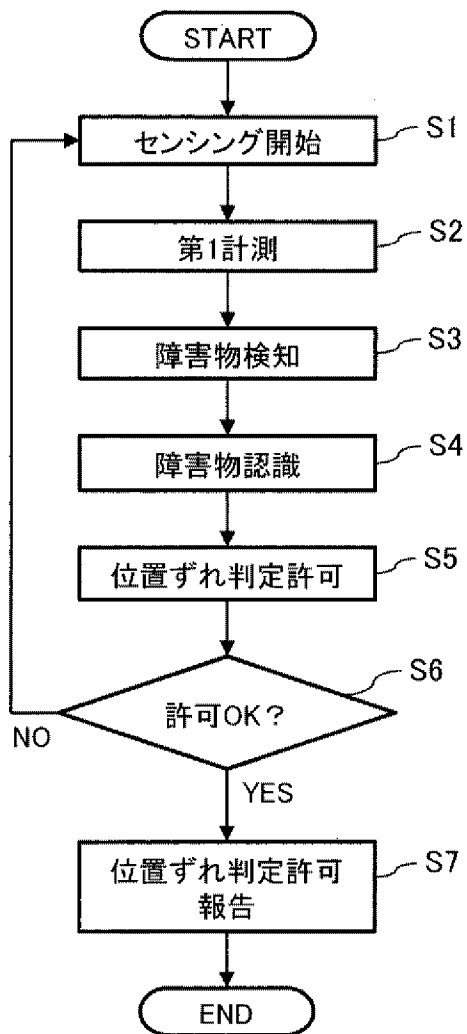
[図2]

図 2

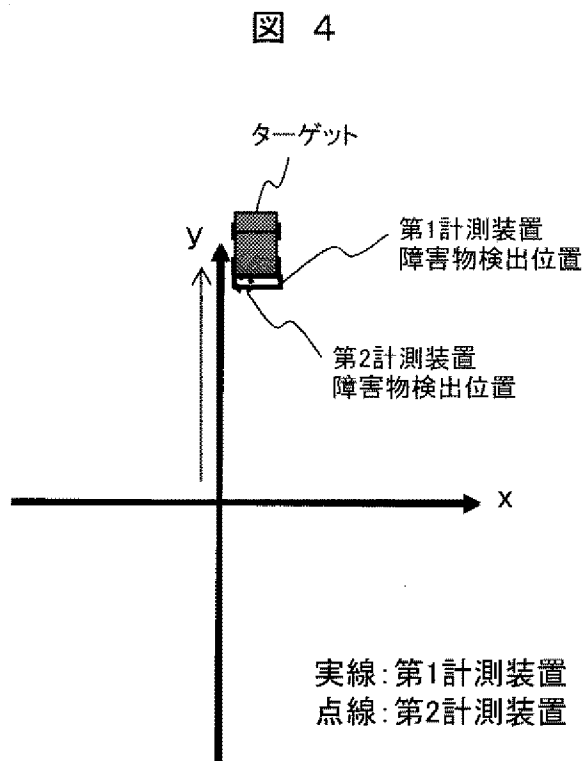


[図3]

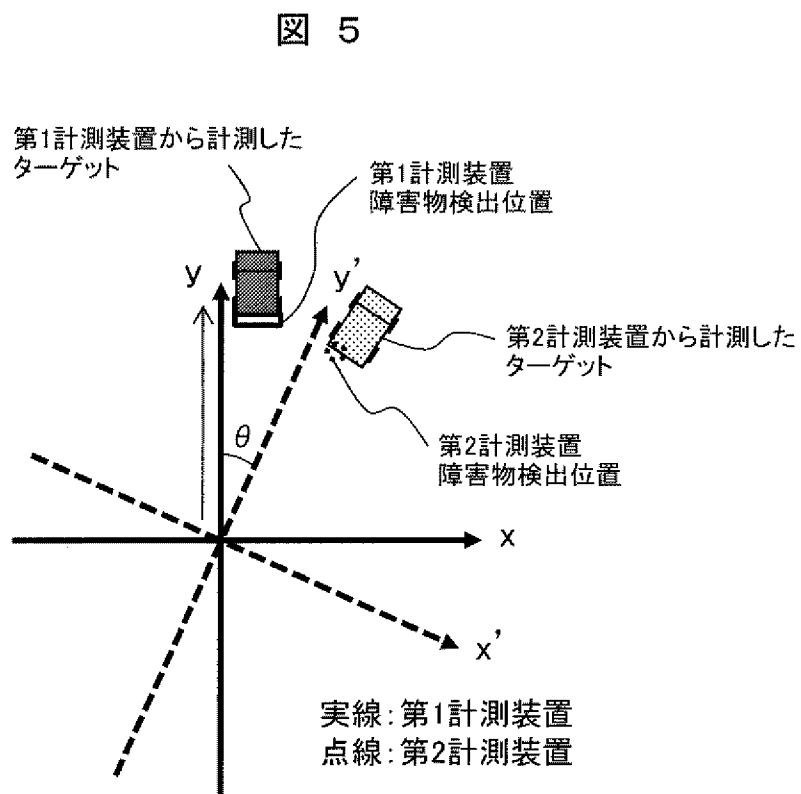
図 3



[図4]

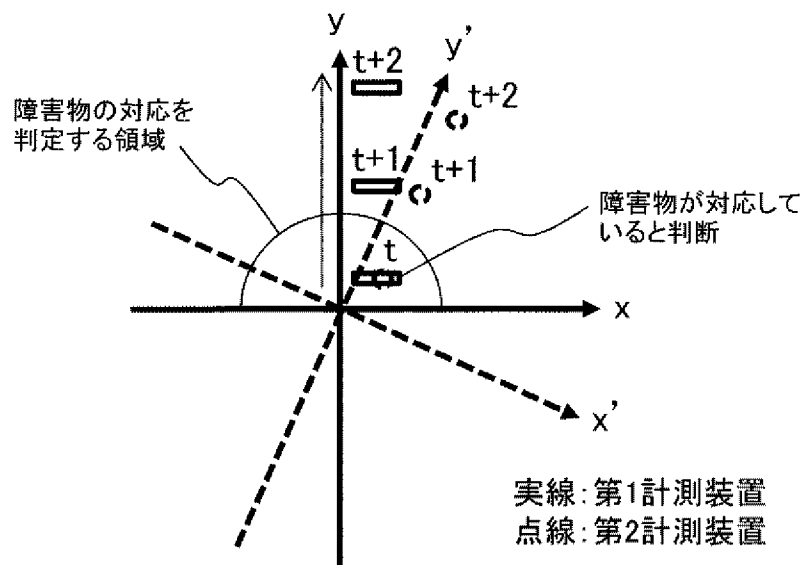


[図5]



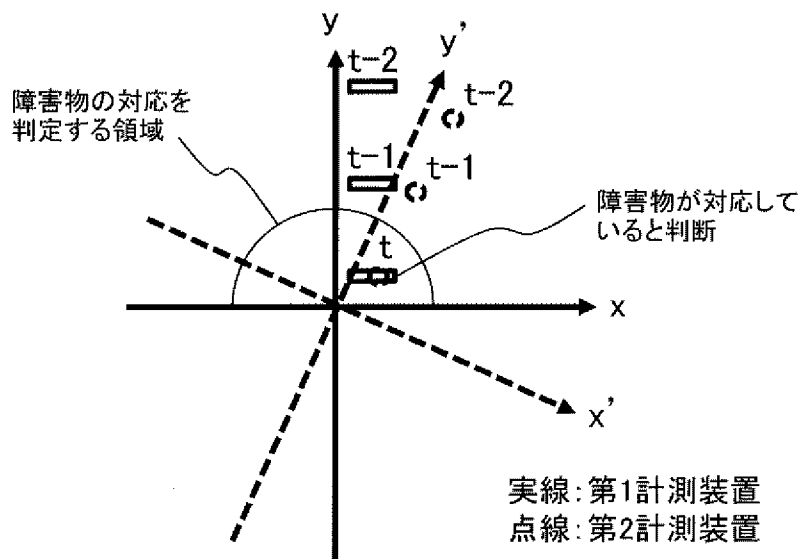
[図6]

図 6



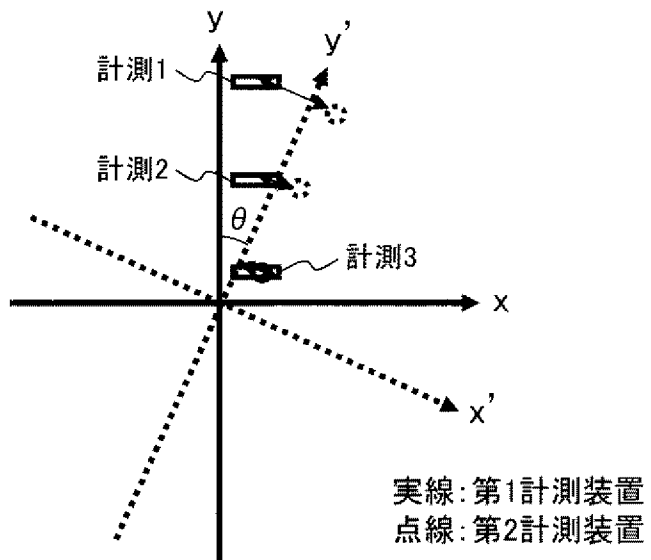
[図7]

図 7



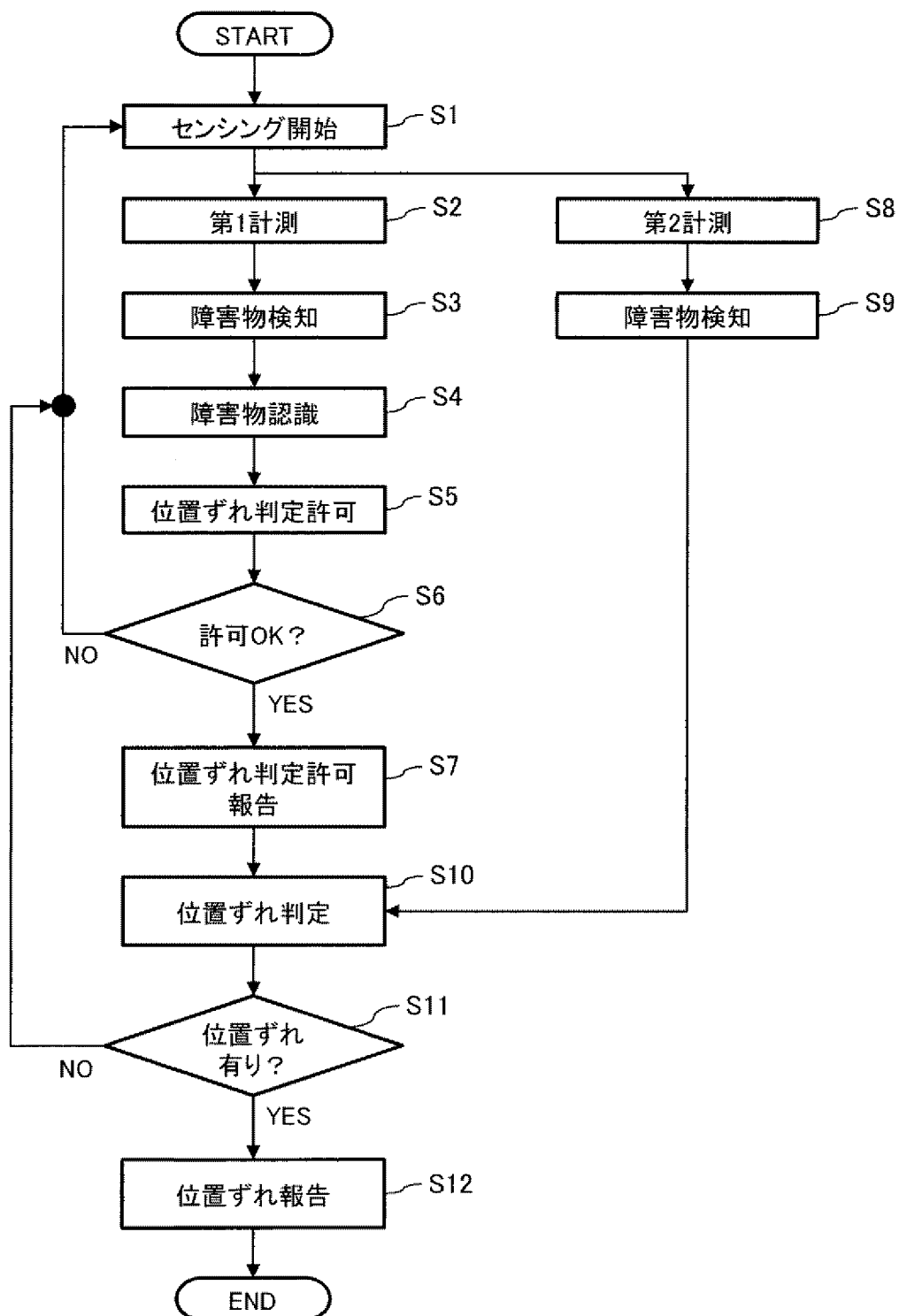
[図8]

図 8



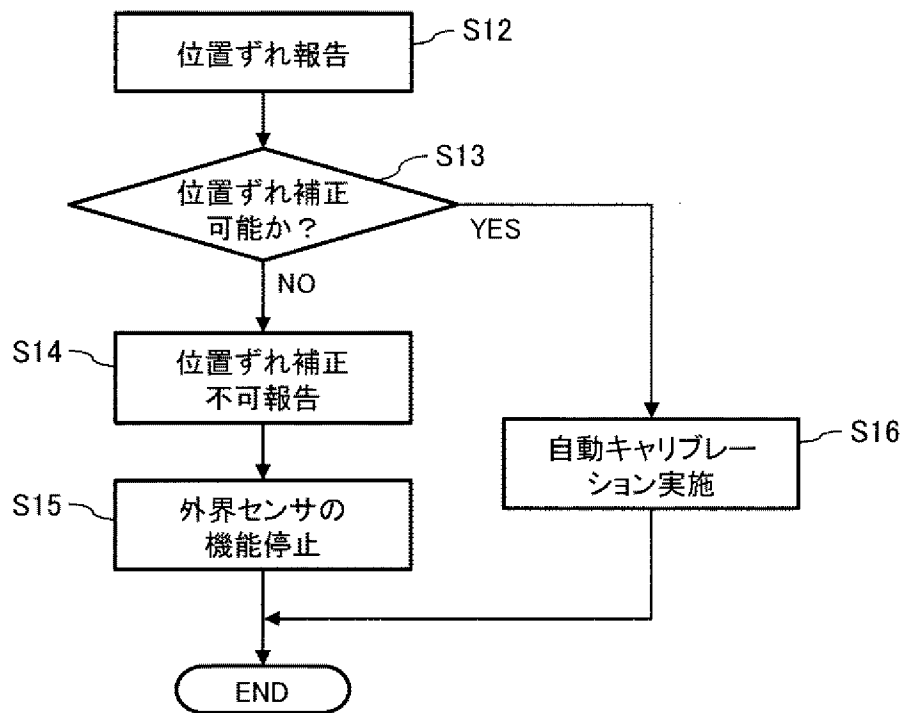
[図9]

図 9



[図10]

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S7/40(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)i, E02F9/26(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, G08G1/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-220732 A (Honda Motor Co., Ltd.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0015] to [0021], [0032] to [0037]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-5, 8 6-7
Y	WO 2015/005001 A1 (Honda Motor Co., Ltd.), 15 January 2015 (15.01.2015), paragraph [0021] & DE 112014003177 T & CN 105264587 A	6-7
Y	JP 2010-249613 A (Toyota Motor Corp.), 04 November 2010 (04.11.2010), paragraph [0059] (Family: none)	7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 May 2016 (02.05.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S7/40(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)i, E02F9/26(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i, G08G1/16(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2011-220732 A（本田技研工業株式会社） 2011.11.04, 段落[0015] -[0021], [0032] -[0037], 図 1, 図 4 （ファミリーなし）	1-5, 8 6-7
Y	WO 2015/005001 A1（HONDA MOTOR CO., LTD.） 2015.01.15, 段落[0021] & DE 112014003177 T & CN 105264587 A	6-7

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

三田村 陽平

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 S

6 0 0 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-249613 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.11.04, 段落[0059] (ファミリーなし)	7